



Πανεπιστήμιο Κύπρου

Πρόγραμμα Προϋπηρεσιακής Κατάρτισης

ΠΡΥ 017 – Πολυτεχνικά και Τεχνικά Επαγγέλματα

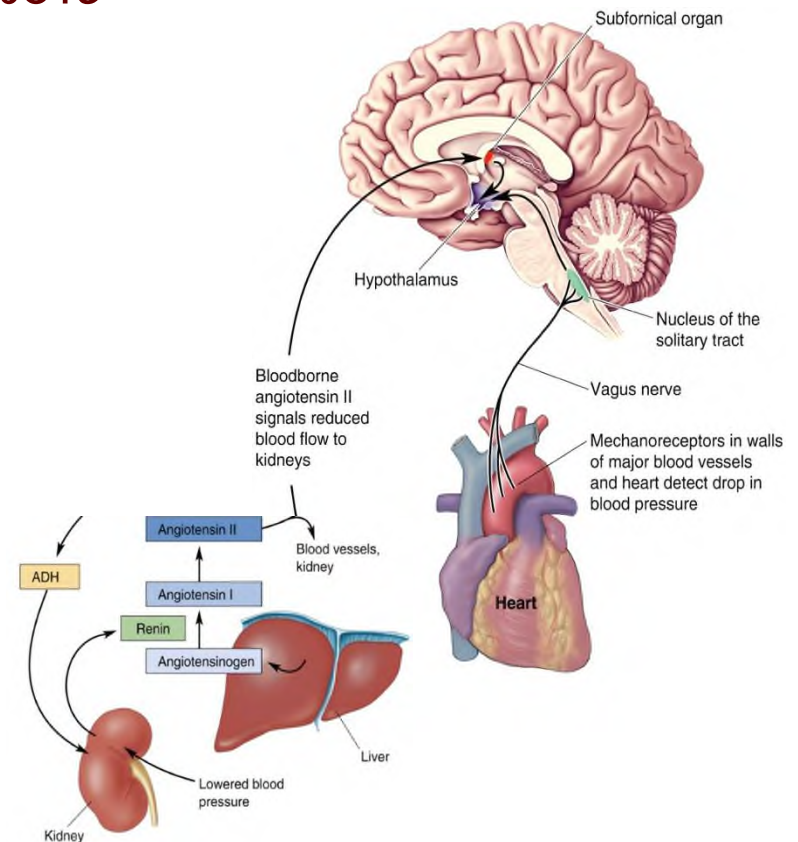
Διάλεξη 1

Έλεγχος και Ρομποτική

Ιστορικά Στοιχεία



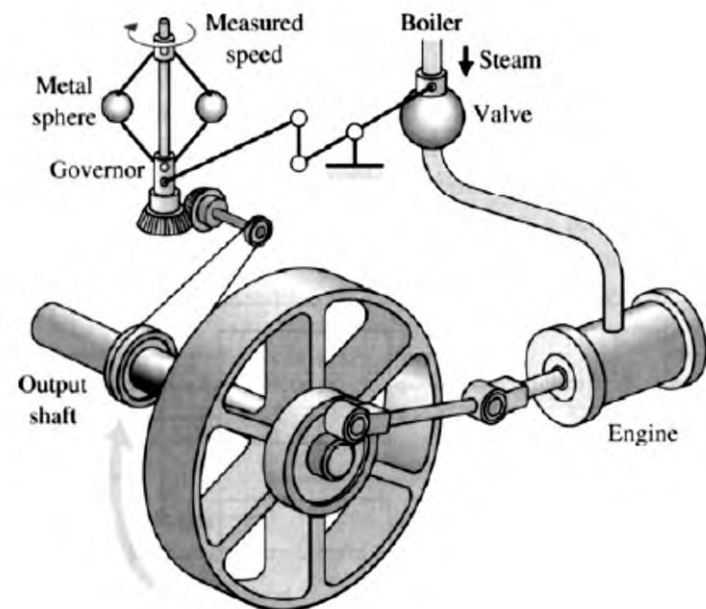
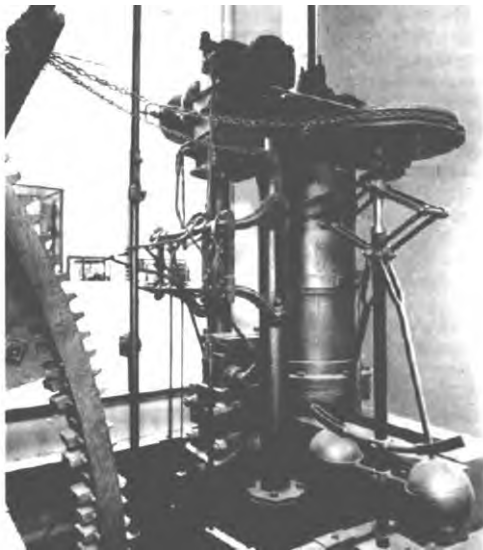
- Η φύση χρησιμοποιεί συστήματα ελέγχου εδώ και εκατομμύρια χρόνια
 - Π.χ. αισθητήρες και το νευρικό σύστημα καθορίζουν το αίσθημα της δίψας ώστε να υπάρχει πάντοτε αρκετό αίμα





- **Πρώτες χρήσεις ελέγχου και ανάδρασης**

- Κυβερνήτης (Governor) του Watt (1788)
 - Έλεγχε την ταχύτητα της ατμομηχανής
 - Μείωνε τα αποτελέσματα διαφοροποιήσεων στο φορτίο (απόρριψη αναταραχών)





- **Πώς να φτιάξετε ένα αεροπλάνο (Διάλεξη του Wilbur Wright 1901):**

“Οι άνθρωποι ξέρουν να φτιάχνουν αεροπλάνα. Ξέρουν να φτιάχνουν και μηχανές. Το πρόβλημα της ισορροπίας και της κατεύθυνσης ταλανίζουν τους μελετητές της πτήσης. Όταν αυτό το πρόβλημα λυθεί τότε θα αρχίσει και η εποχή της πτήσης μια και όλα τα άλλα προβλήματα είναι μηδαμινά.”



- **Οι αδελφοί Wright έλυσαν αυτό το πρόβλημα και πέταξαν με το Kitty Hawk στις 17 Δεκεμβρίου 1903!**

- **Ενισχυτές Ανάδρασης (Feedback Amplifiers) - 1920s**

- Ο Black χρησιμοποίησε την αρνητική ανάδραση (negative feedback) για να μειώσει την αβεβαιότητα (ευρωστία)
- Έθεσε τις μαθηματικές βάσεις του κλασσικού ελέγχου



Γιατί Έλεγχος;



- Τι θα χρησίμευε ένα αεροπλάνο αν ο πιλότος δεν μπορούσε να το κατευθύνει εκεί που πρέπει;
- Σε τι θα χρησίμευε μια χημική επεξεργασία αν δεν μπορούσαμε να ελέγξουμε T, P, pH κλπ και καταλήγαμε με άχρηστα παράγωγα;
- Σε τι θα χρησίμευε ένας φούρνος αν δεν μπορούσαμε να καθορίσουμε τη θερμοκρασία του;
- Σε τι θα χρησίμευε μια αντλία αν δεν μπορούσαμε να ελέγξουμε τη ροή και την πίεση;

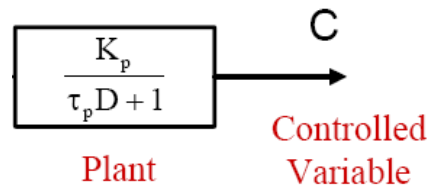




- Για να φτιάξεις ένα Σύστημα Ελέγχου (ΣΕ) πρέπει

- Να έχεις ένα στόχο και να γνωρίζεις πως μπορείς να τον πετύχεις
 - Για παράδειγμα, όταν ένα αεροπλάνο προσγειώνεται, ένα ραντάρ το καθοδηγεί προς τον δίαυλο
- Να γνωρίζεις πόσο καλά οδεύεις προς τον στόχο σου
 - Το ραντάρ εκτός από οδηγίες στέλνει προς το αεροπλάνο και τη θέση του
- Να μπορείς να χρησιμοποιήσεις τις πληροφορίες που παίρνεις
 - Ο πιλότος κάνει τις αναγκαίες τροποποιήσεις





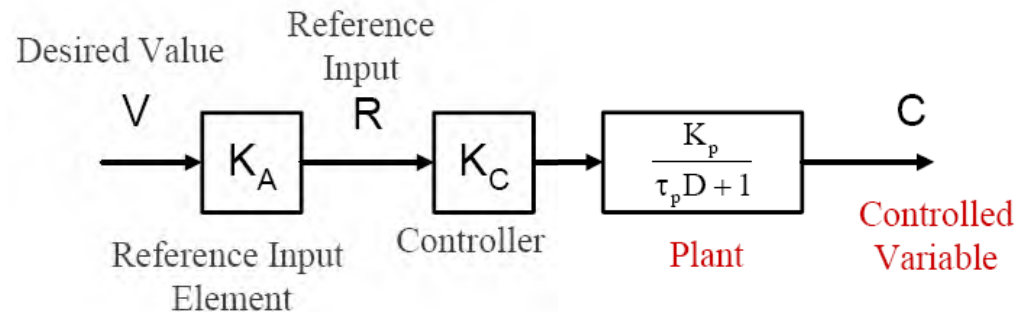
• Παθητικός Έλεγχος (Passive Control)

- Κάνεις τις αναγκαίες τροποποιήσεις στο σύστημα έτσι ώστε να έχει το επιθυμητό αποτέλεσμα.
- Όταν είναι εφαρμόσιμη αυτή είναι και η πιο φθηνή λύση
- Καμία αλλαγή λόγω διαφοροποιήσεων



- **Παράδειγμα: Έλεγχος θερμοκρασίας μπύρας**
- **Επιθυμητό αποτέλεσμα**
 - Να διατηρείται η μπύρα παγωμένη
- **Είσοδος**
 - Αλλαγές στο σχήμα, υλικό και μόνωση της παγωνιέρας καθώς και στη ποσότητα του πάγου ώστε να διατηρείται παγωμένο το περιεχόμενο
 - Απόφαση με βάση καλή γνώση μοντέλου του συστήματος και των απωλειών προς τα έξω





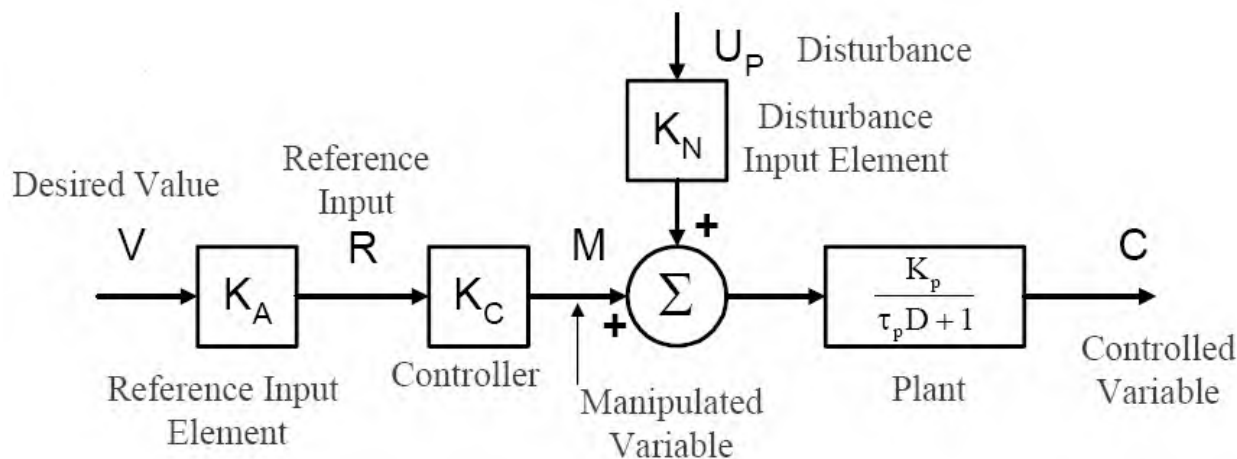
• Έλεγχος Ανοικτού Βρόγχου (Open Loop Control)

- Όταν τα δυναμικά χαρακτηριστικά του συστήματος είναι γνωστά
- Εφαρμόζονται αλλαγές στο σύστημα έτσι ώστε να ανταποκρίνεται σε κυμαινόμενες παραμέτρους.
- Χρειάζεται πολύ καλή γνώση του συστήματος και των παραμέτρων που πιθανόν να αλλάξουν



- **Παράδειγμα: Ψήσιμο Σούβλας**
- **Επιθυμητό αποτέλεσμα**
 - Να ψηθεί καλά η σούβλα
- **Είσοδος**
 - Είδος κρέατος, ποιότητα κάρβουνων, θερμοκρασία
- **Έξοδος**
 - Χρόνος ψησίματος, ύψος σούβλας
 - Απόφαση με βάση
 - Καλή γνώση μοντέλου του συστήματος το οποίο περιλαμβάνει τη φουκού, το σύστημα γυρίσματος και τον χρόνο ψησίματος διαφόρων κρεάτων
 - Αποφασίζω ότι θα ψήσω π.χ. για 1.5 ώρα, 15 cm πάνω από τα κάρβουνα





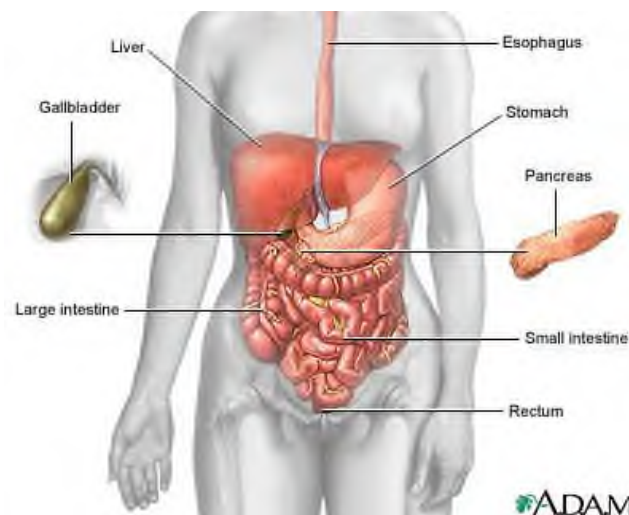
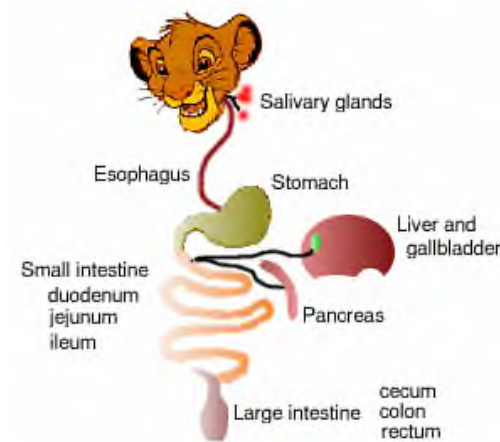
• Έλεγχος Ανοιχτού Βρόγχου με Πρόδραση (feedforward)

- Προσπάθεια να εκτιμηθεί η επιρροή μιας αναταραχής
- Εκ των προτέρων διόρθωση έτσι ώστε να διατηρηθεί η έξοδος σταθερή
- Διαδεδομένο στη φύση



• Παράδειγμα: Βρώση και Χώνευση

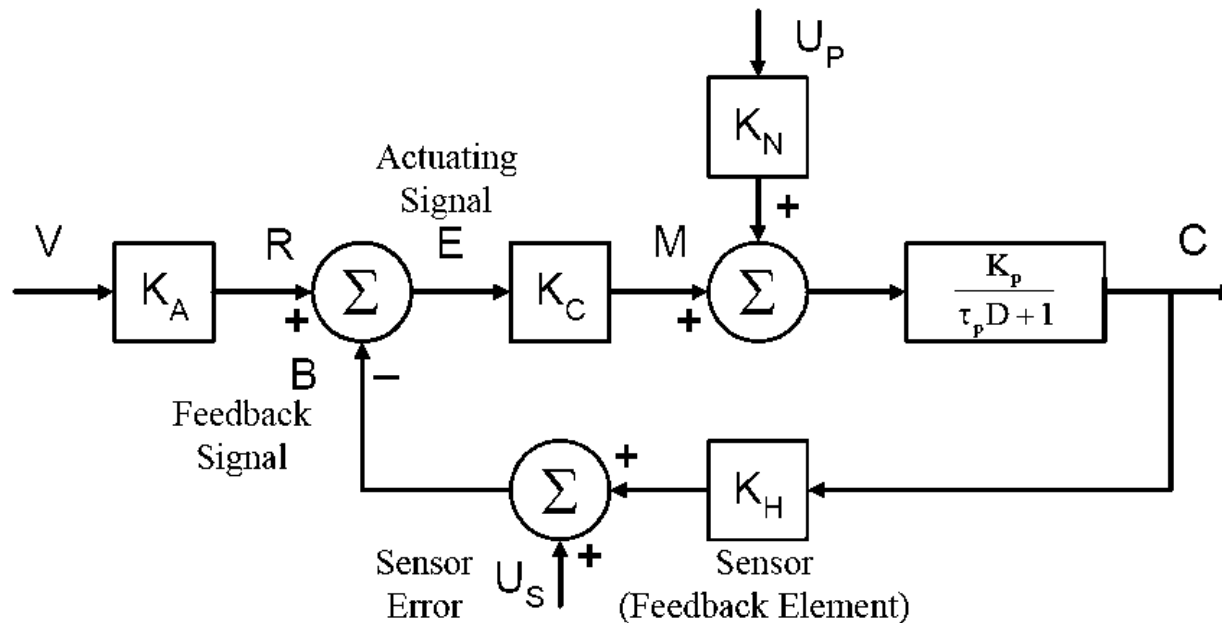
- Αναταραχή: Οσμή και εικόνα του φαγητού → Αναμένεται η άφιξη φαγητού
- Πρόδραση: έκκριση ενζύμων στο στόμα και στο στομάχι
- Αναταραχή: Φαγητό στο στομάχι → αναμένεται απορρόφηση γλυκόζης
- Πρόδραση: Έκκριση ινσουλίνης από το πάγκρεας





- **Παράδειγμα: Ψήσιμο Σούβλας**
- **Επιθυμητό αποτέλεσμα**
 - Να ψηθεί καλά η σούβλα
- **Είσοδος**
 - Είδος κρέατος, ποιότητα κάρβουνων, θερμοκρασία
- **Αναταραχή**
 - Αναμένεται αλλαγή στον αέρα
- **Έξοδος**
 - Ύψος σούβλας
 - Απόφαση με βάση
 - Καλή γνώση μοντέλου του συστήματος το οποίο περιλαμβάνει την φουκού, το σύστημα γυρίσματος και τον χρόνο ψησίματος διαφόρων κρεάτων
 - Αποφασίζω ότι θα κατεβάσω τη σούβλα π.χ. 5 cm κάτω γιατί δεν θα ψηθεί καλά με τον αέρα που θα φυσήξει





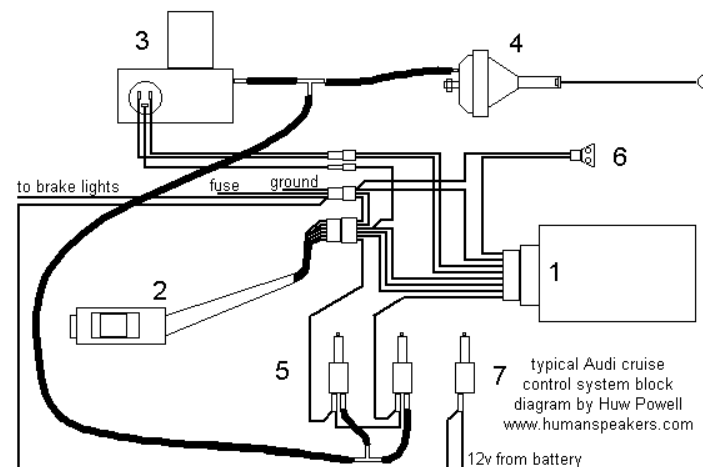
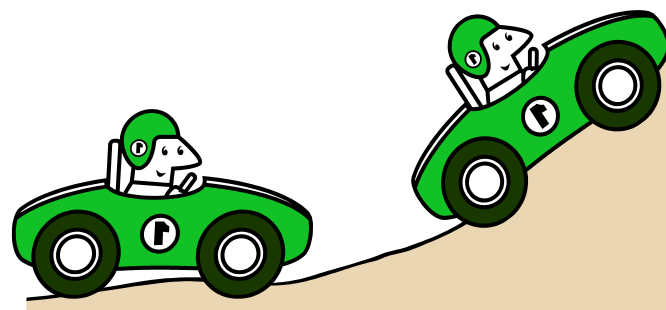
• Ενεργητικός Έλεγχος ή Έλεγχος Κλειστού Βρόγχου

- Χρήση αισθητήρων και ενεργοποιητών (actuators)
- Το αποτέλεσμα στην έξοδο, μέσω συστήματος ελέγχου, αλλάζει τις παραμέτρους του συστήματος ώστε να πετύχει συγκεκριμένη τιμή εξόδου = Ανάδραση (Feedback)
- Μειώνει την επίδραση της αβεβαιότητας και του θορύβου



• Παράδειγμα: Cruise Control

- Επιθυμητό αποτέλεσμα: σταθερή ταχύτητα
- Αναταραχή: αλλαγή στη κλίση του δρόμου → μείωση ταχύτητας
- Αισθητήρας ταχύτητας → Ανάδραση → Αύξηση στροφών → Επαναφορά ταχύτητας





- **Παράδειγμα: Ψήσιμο Σούβλας**
- **Επιθυμητό αποτέλεσμα**
 - Να ψηθεί καλά η σούβλα
- **Είσοδος**
 - Αλλαγή χρώματος
- **Έξοδος**
 - Ύψος σούβλας
 - Απόφαση με βάση
 - Καλή γνώση μοντέλου του συστήματος το οποίο περιλαμβάνει την φουκού, το σύστημα γυρίσματος και τον χρόνο ψησίματος διαφόρων κρεάτων
 - Αποφασίζω ότι θα κατεβάσω τη σούβλα π.χ. 5 cm κάτω γιατί με βάση το χρώμα που βλέπω κρίνω ότι δεν ψήνεται γρήγορα, ή 5 cm πάνω γιατί θα καεί





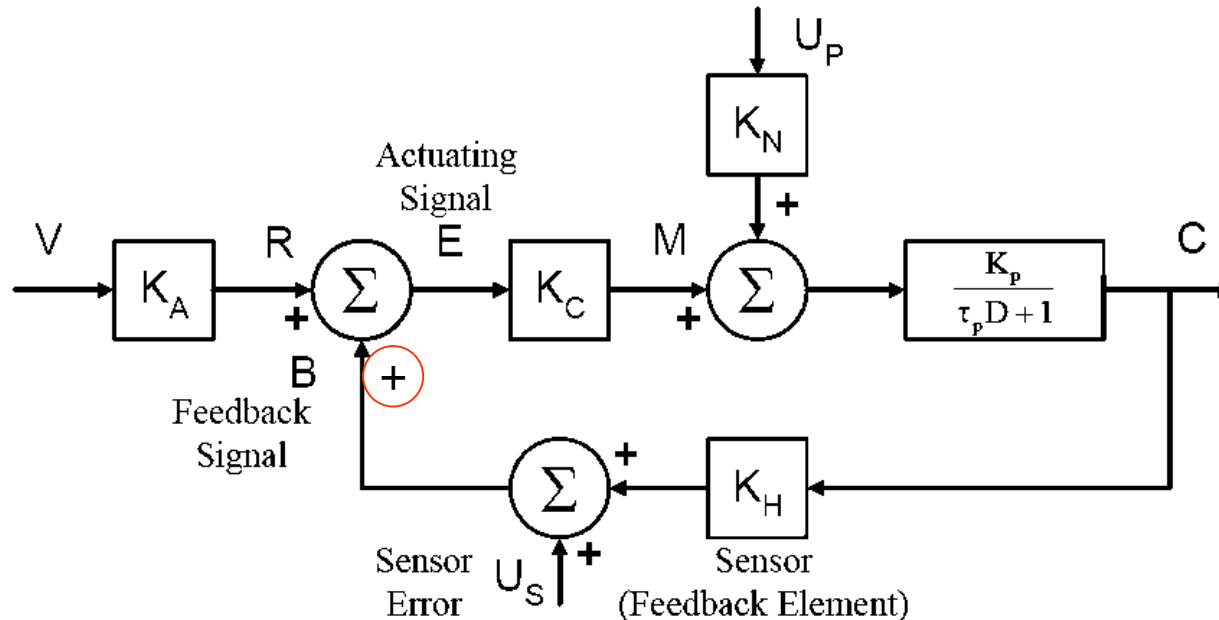
Έλεγχος με Αρνητική Ανάδραση

• Πλεονεκτήματα

- Η έξοδος ακολουθεί τη επιθυμητή τιμή με διορθώσεις μόλις υπάρξει αναταραχή
- Διορθώνει για όλες τις αναταραχές στο σύστημα (εκτός από αυτές που έχουν να κάνουν με το σκέλος της ανάδραση)
- Δεν επηρεάζεται από αλλοιώσεις στο σύστημα, π.χ. λόγω φθοράς, ηλικίας, περιβάλλοντος κλπ (εκτός από αυτές που έχουν να κάνουν με το σκέλος της ανάδραση)
- Μπορεί να ανταποκριθεί σε αλλαγές ταχύτερα από ότι το ίδιο σύστημα χωρίς ανάδραση

• Μειονεκτήματα

- Διορθώσεις γίνονται μόνο μετά την παρουσία μια αναταραχής. Δεν μπορεί να υπάρξει τέλειος έλεγχος
- Δεν παρέχει τη δυνατότητα πρόβλεψης αλλαγών ακόμα και αν προέρχονται από γνωστές αναταραχές
- Δεν μπορεί να λειτουργήσει για διαδικασίες με μεγάλες σταθερές χρόνου (time constants) ή μεγάλες καθυστερήσεις (time delays). Τέτοια συστήματα μπορεί να μην διορθωθούν ποτέ και να λειτουργούν πάντοτε σε μεταβατική (transient) κατάσταση
- Σε κάποιες περιπτώσεις δεν είναι δυνατή η μέτρηση της τιμής της εξόδου σε πραγματικό χρόνο και έτσι δεν μπορεί να υπάρξει ανάδραση



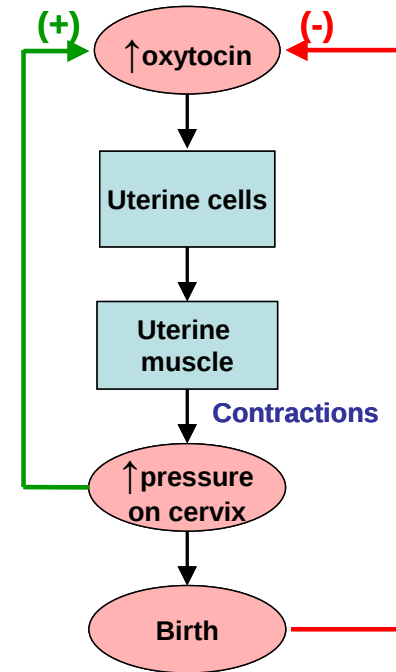
• Θετική Ανάδραση (Positive feedback)

- Αλλαγή σε μια παράμετρο ενεργοποιεί μια διαδικασία η οποία ενισχύει ακόμα περισσότερο την αλλαγή
- Ενισχύει την επίδραση της αναταραχής
- Δεν είναι τόσο συνηθισμένη όσο η αρνητική ανάδραση μια και μπορεί να γίνει το σύστημα ασταθές
- Πρέπει να υπάρχει πάντοτε ένας μηχανισμός διακοπής (stop mechanism)



• Παράδειγμα: Τοκετός

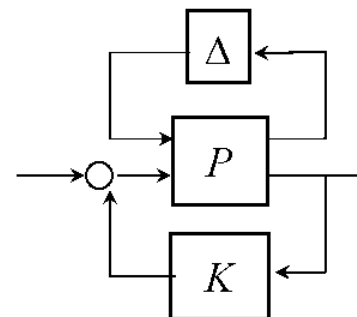
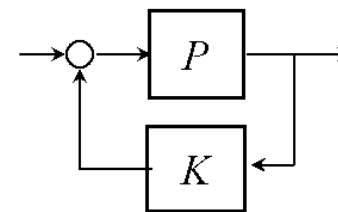
- Επιθυμητό αποτέλεσμα: γρήγορη γέννηση του βρέφους
- Αναταραχή: πίεση στον τράχηλο της μήτρας
- Αύξηση οκυτοκίνης → αύξηση συσπάσεων → αύξηση πίεσης στο τράχηλο
- Διακόπτεται όταν γεννηθεί το βρέφος



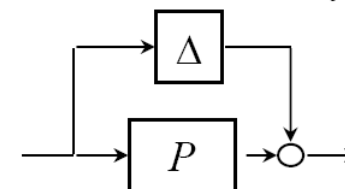
Πόσο καλά δουλεύει ένα ΣΕ;



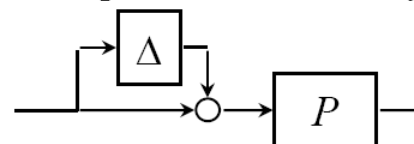
- **Σταθερότητα (Stability):** Κάθε φραγμένο (bounded) σήμα εισόδου δείνει φραγμένο σήμα εξόδου
 - Αναγκαία και επαρκής συνθήκη: Να μην υπάρχουν λύσεις του βρόγχου που να τείνουν στο ∞
 - Πρόβλημα αποτελεί η θετική ανάδραση (εσωτερική ή εξωτερική)
- **Ευρωστία (Robustness):** Σταθερότητα στη παρουσία άγνωστης δυναμικής
 - Έλεγχος σταθερότητας στη παρουσία αβεβαιότητας
 - Πρέπει να ελεγχθούν μια σειρά από συστήματα
 - Η αβεβαιότητα προκαλεί προβλήματα
- **Θόρυβος και Αναταραχές (Δ)**
 - Ο θόρυβος μοντελοποιείται με βάση το πλάτος, ή τη μέση ενέργεια, του στις διάφορες ζώνες συχνοτήτων
 - Διάφορες μορφές Δ ανάλογα με το που επιδρούν



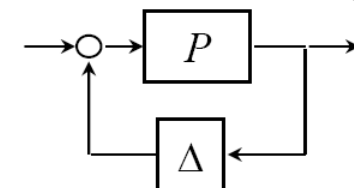
Additive uncertainty



Multiplicative uncertainty



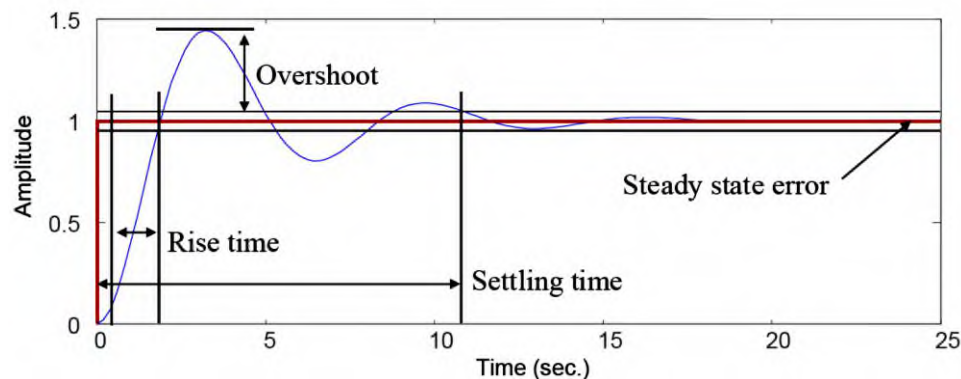
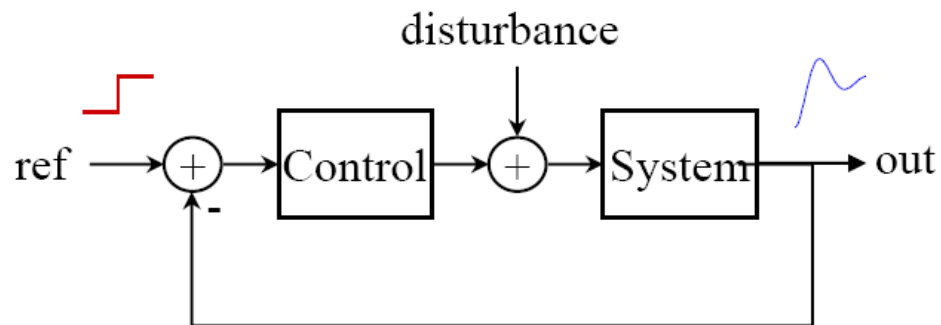
Feedback uncertainty



Πόσο καλά δουλεύει ένα ΣΕ;



- Πόσο καλά το σύστημα ακολουθεί την είσοδο;
- Πόσο καλά το σύστημα διορθώνει για τις αναταραχές;
- Σχέσεις Εισόδου/Εξόδου
 - Βηματική (Step) Απόκριση
 - Πόσο καλά η έξοδος ακολουθεί μια βηματική αλλαγή στην είσοδο;
 - Απόκριση Συχνότητας (Frequency response)
 - Πόσο καλά το σύστημα ακολουθεί/διορθώνει ταλαντώσεις σε διάφορες συχνότητες;



Πόσο καλά δουλεύει ένα ΣΕ;

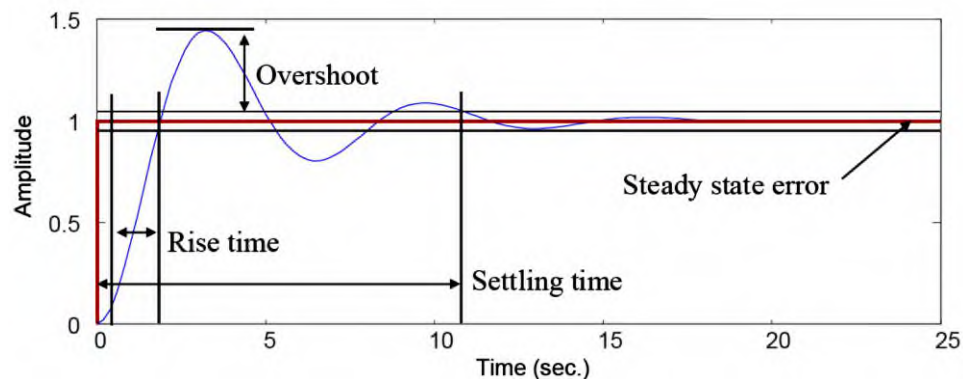
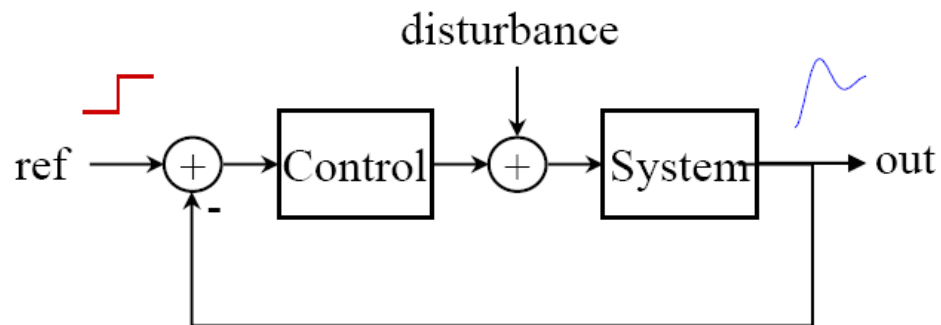


- **Μετά από μια αλλαγή στην είσοδο**

- Επιστροφή στη σταθερή κατάσταση με λιγότερη ανατάραξη

- **Χαρακτηριστικά Βηματικής Απόκρισης**

- Χρόνος Ανόδου (Rise time):
 - Ο χρόνος για να πάει από το 10% στο 90% της τελικής τιμής
- Υπέρβαση (Overshoot):
 - Ο λόγος μεταξύ του πλάτους της πρώτης κορυφής και της τελικής τιμής
- Χρόνος Επαναφοράς (Settling time):
 - Ο χρόνος που χρειάζεται για να μείνει η έξοδος μέσα σε $\rho\%$ (συνήθως 2%) της τελικής τιμής
- Σφάλμα Σταθερής Κατάστασης (Steady state error):
 - Το σφάλμα σε $t = \infty$



Πόσο καλά δουλεύει ένα ΣΕ;

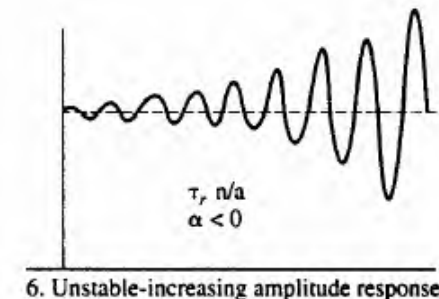
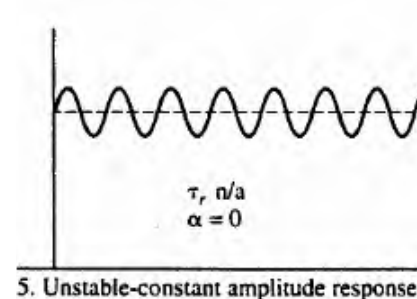
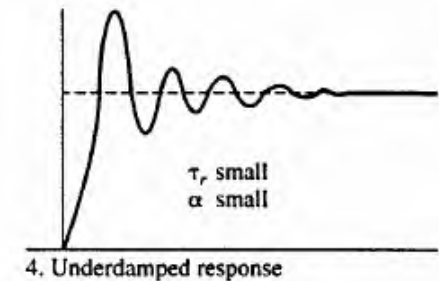
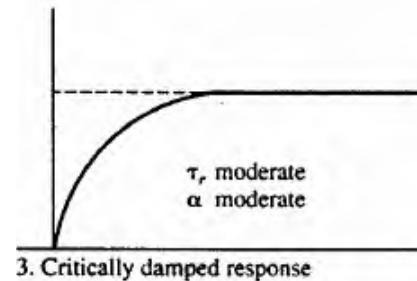
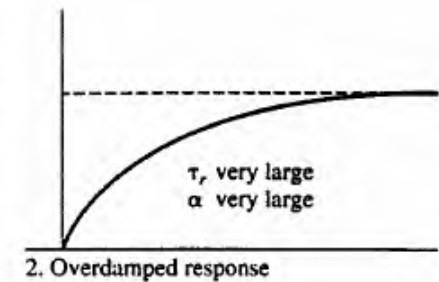
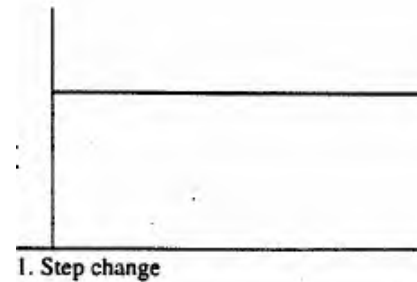


- Μετά από μια βηματική αλλαγή στην είσοδο

- Ελαχιστοποίηση του απόλυτου σφάλματος (επιφάνεια κάτω από την καμπύλη - area under the curve)

- Απόσβεση

- Περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο το κύκλωμα θα φτάσει στη σταθερή του κατάσταση
 - Υπεραπόσβεση (Overdamping)
 - Κρίσιμη απόσβεση (Critical damping) → καθόλου υπέρβαση (overshoot)
 - Υποαπόσβεση (Underdamping)

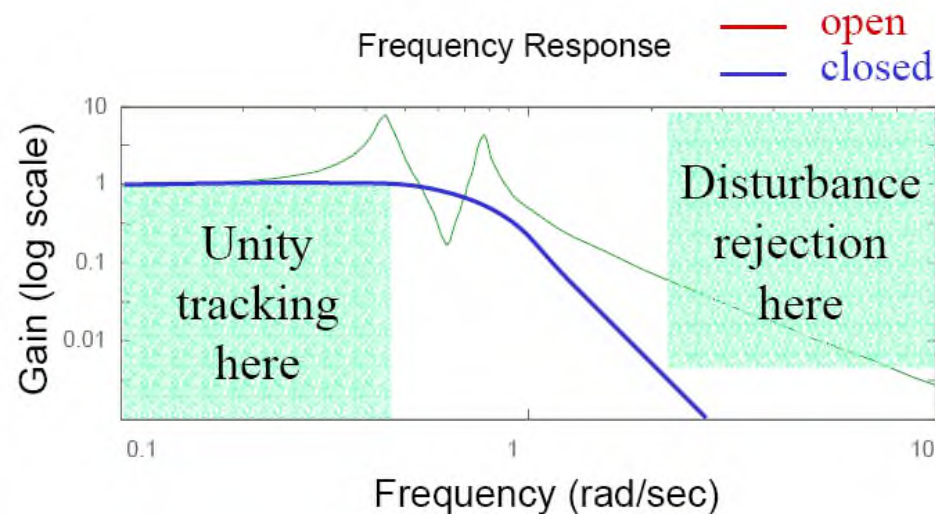
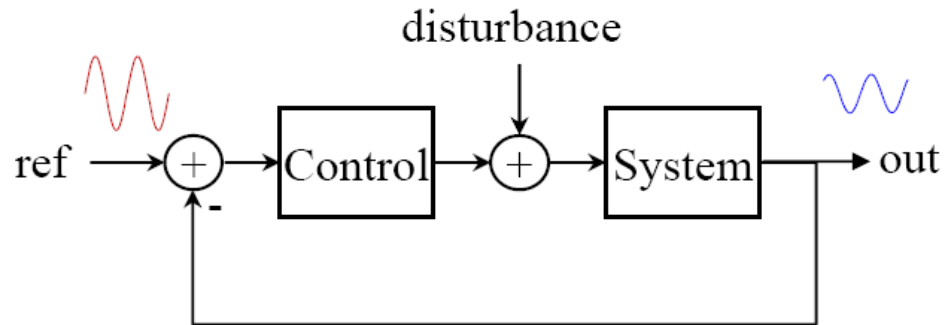


Πόσο καλά δουλεύει ένα ΣΕ;



• Χαρακτηριστικά Απόκρισης Συχνότητας

- Διάφορες εφαρμογές απαιτούν καλή απόκριση σε ημιτονοειδή διαφόρων συχνοτήτων
 - Παράδειγμα: stereo amplifier – ομοιόμορφη απόκριση μεταξύ 20 Hz & 20,000 Hz
 - Αν η είσοδος δεν είναι ημιτονοειδής μπορεί να αναλυθεί με τη βοήθεια του μετασχηματισμού Fourier και της επαλληλία (superposition)
- Απόδοση στη συχνότητα
 - Συνήθως ομοιόμορφο κέρδος
 - $\text{Gain} = \text{Output Ampl.} / \text{Input Ampl.}$
 - Επίσης, το κέρδος μειώνεται για ψηλές συχνότητες όπου έχουμε κυρίως θόρυβο
- Προσοχή: Τα πιο πάνω ισχύουν μόνο για γραμμικά συστήματα!





- **Η ρίζες της λέξης “robot”**

- Τσεχική λέξη “robota”= εργασία, “robotnik” = εργάτης
- Εμφανίστηκε το 1923 σε θεατρικό έργο του Karel Capek: Rossum’s Universal Robots

- **Προσδιορίζεται ως:**

- **Λεξικό Webster’s**

- An automatic device that performs functions ordinarily ascribed to human beings
- Δηλαδή πλυντήριο = robot?

- **Robotics Institute of America**

- A robot (industrial robot) is a reprogrammable, multifunctional manipulator designed to move materials, parts, tools, or specialized devices, through variable programmed motions for the performance of a variety of tasks

Τι είναι ένα Ρομπότ;



- Τα ρομπότ του Hollywood



Τι είναι ένα Ρομπότ;



- **Γενικά, ένα ρομπότ είναι:**

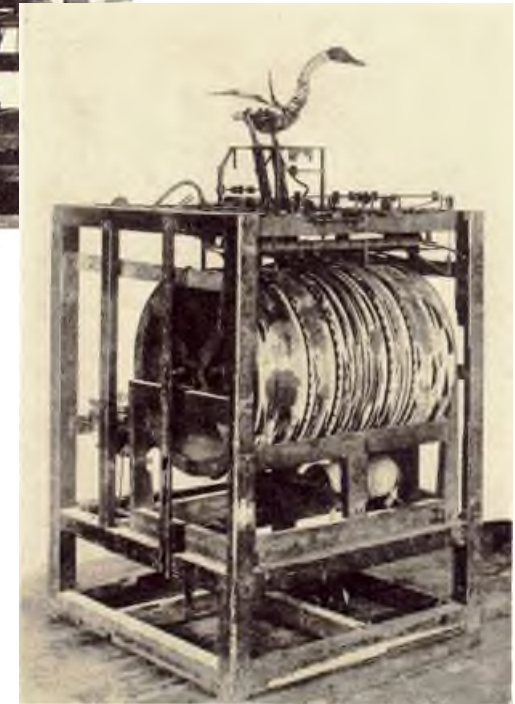
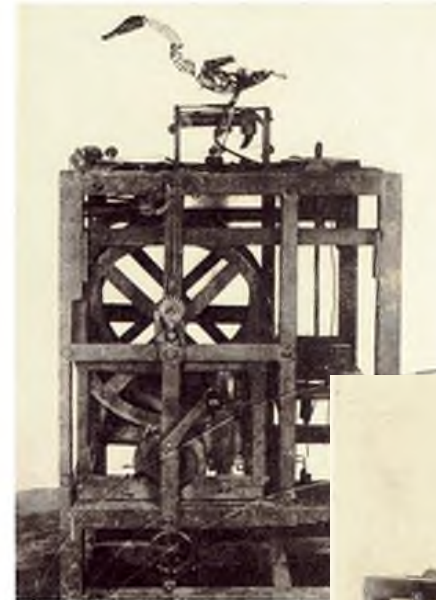
- Μια προγραμματιζόμενη μηχανή η οποία μιμείται τη δραστηριότητα ή την εμφάνιση ενός νοήμονος όντος (συνήθως ανθρώπου αλλά όχι μόνο)

- **Για να θεωρείται ρομπότ μια μηχανή πρέπει:**

- Να μπορεί να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του (να παίρνει πληροφορίες από το περιβάλλον του.)
- Να μπορεί να εκτελεί διάφορες αποστολές: Κίνηση ή χειρισμό π.χ. αντικειμένων
- Να είναι επανα-προγραμματιζόμενο (να μπορεί δηλαδή να εκτελεί διαφορετικές αποστολές)
- Να είναι αυτόνομο ή/και να αλληλεπιδρά με τους ανθρώπους



- 17^{ος} και 18^{ος} αιώνας
- **Αυτόματα (Automata)**
 - Μια μηχανή ή μηχανισμός ελέγχου σχεδιασμένος να ακολουθεί αυτόματα μια προδιαγραφμένη σειρά από δράσεις ή να αντιδρά σε μια σειρά από κωδικοποιημένες εντολές





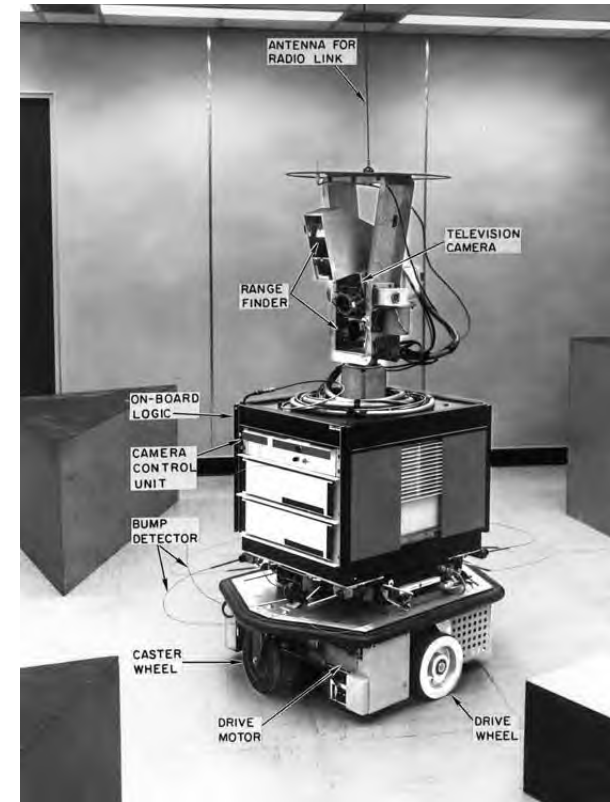
- 1962
- Το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ: UNIMATE
 - Προγραμματιζόμενο ρομπότ που σχεδιάστηκε από τον George Devol
 - Ο ίδιος σκαρφίστηκε και το Universal Automation (1954) το οποίο αργότερα έγινε Unimation → το όνομα του πρώτου ρομπότ (1962).



Το UNIMATE αρχικά χρησιμοποιήθηκε για αυτοματοποίηση κατασκευής οθόνων τηλεόρασης



- 1966
- **Shakey (Stanford Research Institute)**
 - Το πρώτο κινούμενο ρομπότ με δυνατότητες Τεχνητής Ευφυΐας (Artificial Intelligence – AI)
 - Απλές αποστολές :
 - Να βρει οπτικά ένα αντικείμενο
 - Να μεταβεί προς το αντικείμενο
 - Να κάνει κάτι με το αντικείμενο (π.χ. να το σπρώξει)





- 1978
- Το ρομπότ Puma (Programmable Universal Machine for Assembly) της Unimation με υποστήριξη από την General Motors



PUMA 560 Manipulator



• 1980s

- Η βιομηχανία ρομπότ μπαίνει σε μια φάση συνεχούς ανάπτυξης.
- Εμφανίζονται τα πρώτα μαθήματα ρομποτικής σε πανεπιστήμια.
- Συμπεριλαμβάνουν τα Τμήματα mechanical engineering, electrical engineering, και computer science.



Adept's SCARA robots



Cognex In-Sight Robot



Barrett Technology Manipulator

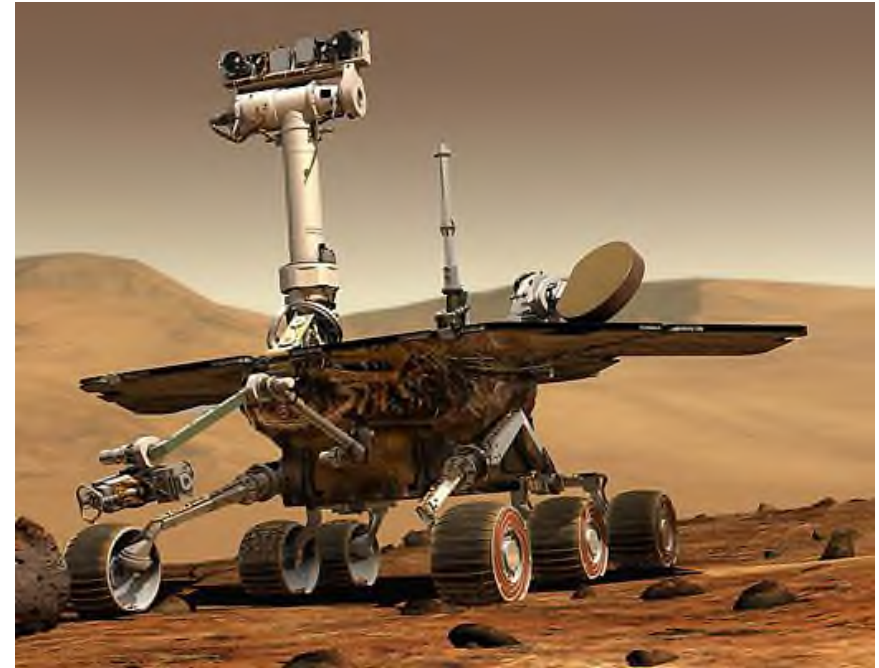


- **1995-σήμερα**

- Νέες εφαρμογές μικρών και κινητών ρομπότ οδηγούν στην ανάπτυξη πολλών καινούργιων εταιριών και έρευνας

- **2003**

- NASA's Mars Exploration Rover



Σε τι Χρησιμεύουν τα Ρομπότ;



- **Εφαρμογές σε περιβάλλοντα 4D**

- Επικίνδυνα - Dangerous
- Βρώμικα - Dirty
- Ανιαρά - Dull
- Δύσκολα - Difficult

- **Δραστηριότητες 4A**

- Αυτοματισμού - Automation
- Επαύξησης - Augmentation
- Βοήθειας - Assistance
- Αυτονομίας - Autonomous

Εργασίες επικίνδυνες για τους ανθρώπους



Ρομπότ Απολύμανσης
Decontaminating Robot

Καθαρίζει την κύρια αντλία ενός πυρηνικού αντιδραστήρα

Σε τι Χρησιμεύουν τα Ρομπότ;



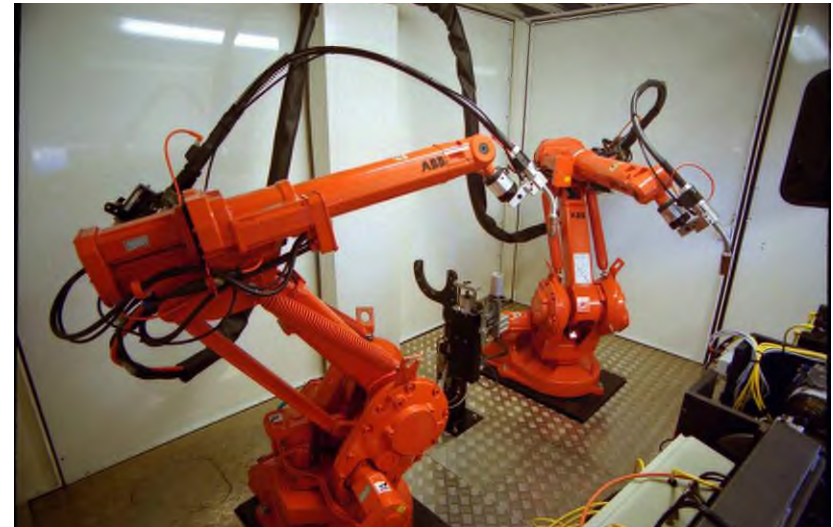
- **Εφαρμογές σε περιβάλλοντα 4D**

- Επικίνδυνα - Dangerous
- Βρώμικα - Dirty
- Ανιαρά - Dull
- Δύσκολα - Difficult

- **Δραστηριότητες 4A**

- Αυτοματισμού - Automation
- Επαύξησης - Augmentation
- Βοήθειας - Assistance
- Αυτονομίας - Autonomous

Επαναλαμβανόμενες δραστηριότητες οι οποίες είναι ανιαρές, προκαλούν άγχος ή είναι δύσκολες για ανθρώπους



Ρομπότ Συγκόλλησης



- **Εφαρμογές σε περιβάλλοντα 4D**

- Επικίνδυνα - Dangerous
- Βρώμικα - Dirty
- Ανιαρά - Dull
- Δύσκολα - Difficult

- **Δραστηριότητες 4A**

- Αυτοματισμού - Automation
- Επαύξησης - Augmentation
- Βοήθειας - Assistance
- Αυτονομίας - Autonomous

Υποτιμητικές δραστηριότητες τις οποίες οι άνθρωποι δεν θέλουν να κάνουν



The SCRUBMATE Robot

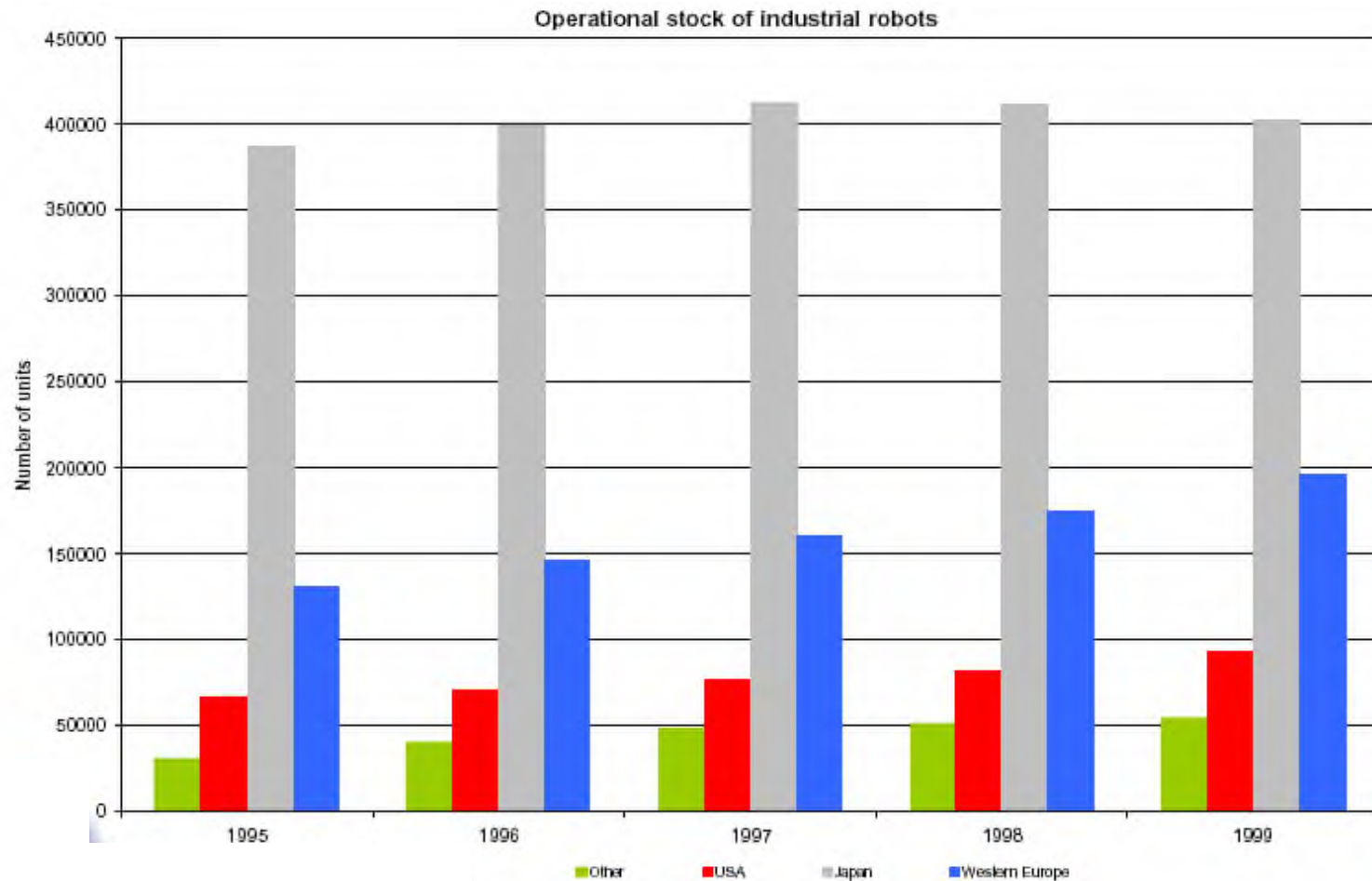
Σε τι Χρησιμεύουν τα Ρομπότ;



- **Βελτιωμένη ποιότητα προϊόντων**
 - Μεγαλύτερη ακρίβεια
 - Επαναλαμβανόμενη ακρίβεια →
 - Repeatable precision → αμετάβλητη ποιότητα προϊόντος
- **Αυξημένη Αποδοτικότητα**
 - Συνεχής εργασία χωρίς κούραση
 - Δεν χρειάζονται διακοπές
- **Μεγαλύτερη Ασφάλεια**
 - Μπορούν να ενεργούν σε επικίνδυνα περιβάλλοντα
 - Δεν χρειάζονται περιβαλλοντική προστασία (π.χ. air conditioning, κλπ)
- **Μειωμένο κόστος**
 - Χαμηλότερα κόστος προσωπικού
 - Λιγότερες απώλειες
- **Γρηγορότερη αποπεράτωση**
 - Γρηγορότερη ανταπόκριση σε αλλαγές στο σχεδιασμό
- **Αυξημένη Παραγωγικότητα**
 - Η παραγωγή ανά υπάλληλο ανά ώρα θα είναι αυξημένη



Σε τι Χρησιμεύουν τα Ρομπότ;



Η Ιαπωνία είναι πρώτη. Γιατί;



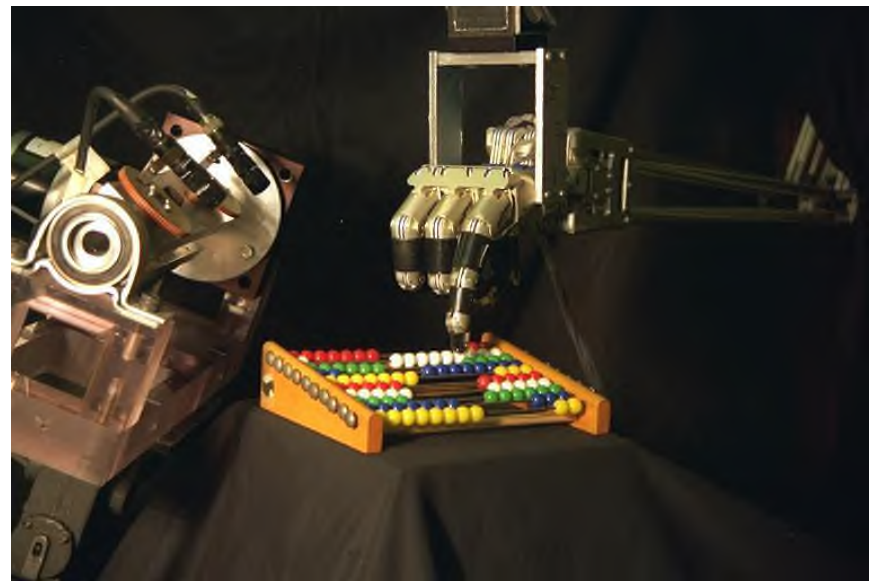
Δεν υπάρχει αρκετό ανθρώπινο δυναμικό και είναι και πολύ ακριβό

Σε τι Χρησιμεύουν τα Ρομπότ;



- Χρειάζονται ακόμα πολλές βελτιώσεις

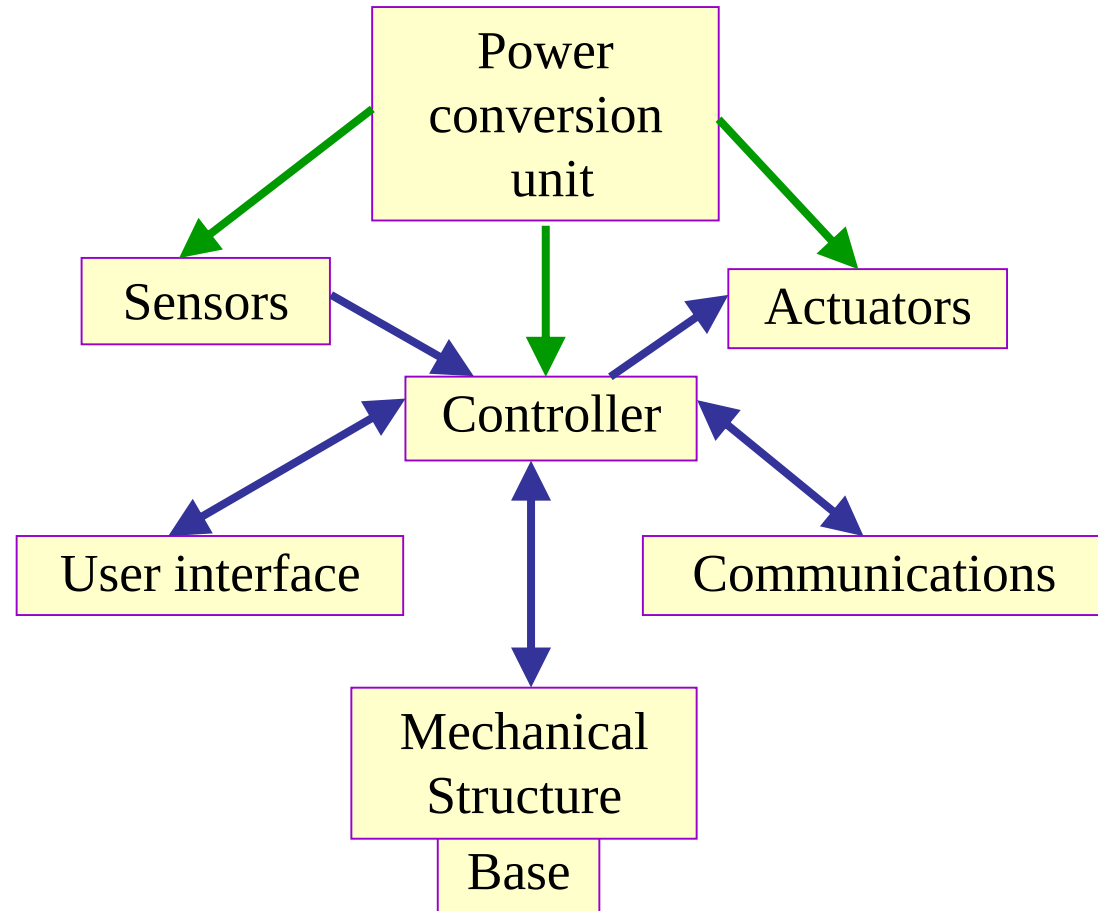
- Σχεδιασμός και Έλεγχος βραχιόνων χειρισμού
- Οπτική και Μηχανική ανάδραση
- Ευέλικτος αυτοματισμός



Ανατομία Ενός Ρομπότ



- **Μηχανική Δομή (Mechanical structure)**
 - Κινηματικό μοντέλο
 - Δυναμικό μοντέλο
- **Αισθητήρες (Sensors)**
- **Υπολογιστικά συστήματα και έλεγχος (computation and control)**
- **Ενεργοποιητές (Actuators)**
 - Ηλεκτρικοί, υδραυλικοί, πνευματικοί, τεχνητοί μύες
- **Επικοινωνία (Communication)**
- **Διεπαφή με τον χρήστη (User interface)**
- **Μονάδα μετατροπής ενέργειας (Power conversion unit)**





- **Ανθρώπινες αισθήσεις**

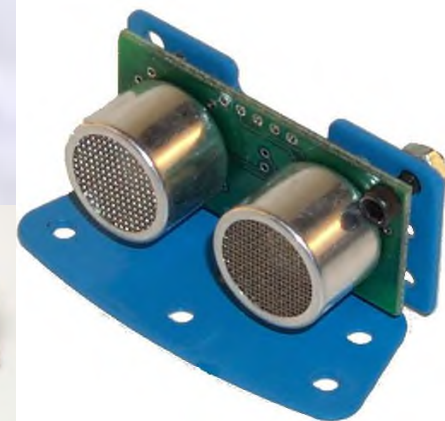
- Όραση, ακοή, αφή, γεύση και όσφρηση
- Ζωτικές πληροφορίες

- **Αισθητήρες των ρομπότ**

- Ποσοτικοποιούν την κατάσταση του ρομπότ και του περιβάλλοντος του
- Στέλνουν την πληροφορία στο ρομπότ σας ηλεκτρικά σήματα
- Π.χ. θέση των χεριών, παρουσία τοξικών αερίων κλπ

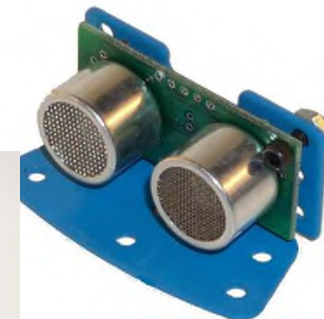
- **Σε κάποιες περιπτώσεις τα ρομπότ χρειάζονται πληροφορίες πέραν των 5 αισθήσεων**

- Π.χ. δυνατότητα να βλέπουν στο σκοτάδι, να βρίσκουν μικρές ποσότητες ραδιενέργειας, να βλέπουν κίνηση γρηγορότερη από ότι επιτρέπει το μάτι, κλπ





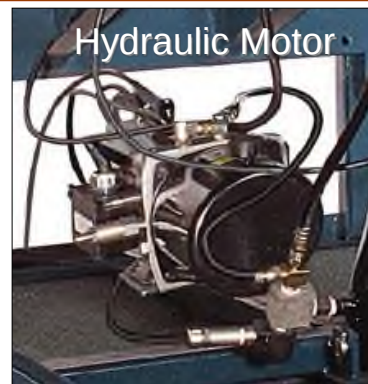
- **Οπτικοί Αισθητήρες**
 - Π.χ. να βρίσκει και επιθεωρεί αντικείμενα
- **Αισθητήρες αντίστασης (Resistive)**
 - Κάμψης, ποτενσιόμετρα, ...
- **Αισθητήρες αφής (Tactile)**
 - Διακόπτες επαφής, ...
- **Αισθητήρες Δύναμης**
 - Π.χ. να μπορεί να πιέζει αντικείμενα ή να εκτελεί εγχειρήσεις με ανάδραση δύναμης
- **Υπέρυθροι (Infrared) Αισθητήρες**
 - Ανάκλασης, Εγγύτητας, Απόστασης ...
- **Υπερηχητικοί Ηχοβολείς**
 - Υπερηχητικοί Αισθητήρες Απόστασης
 - Π.χ. να μπορεί να εξερευνά ανοικτούς χώρους
- **Αισθητήρες Απόστασης με Λείζερ**
- **Κωδικοποιητές Κινητήρων (Motor Encoder)**
- **Αισθητήρες Αδράνειας (Inertial)**
 - Μετρούν την δεύτερη παράγωγο της θέσης (επιτάχυνση)
 - Μετρητές επιτάχυνσης, γυροσκόπια (Gyroscopes)
- **Αισθητήρες Κλίσης (Tilt)**
 - Π.χ. να ισορροπεί το ρομπότ
- **Αισθητήρες κατεύθυνσης (Orientation)**
 - Πυξίδες, Αισθητήρες κλήσης, ...
- **GPS, ... , κλπ**





- **Συνήθως συνδιασμός διάφορων ηλεκτρο-μηχανολογικών συσκευών**

- Synchronous motor
- Stepper motor
- AC servo motor
- Brushless DC servo motor
- Brushed DC servo motor
- Hydraulic motor
- Pneumatic motor
- Pneumatic cylinder





- **Κίνηση (Locomotion) ενός αυτόνομου ρομπότ στο χώρο.**

- Προϋποθέτει ότι οι κατάλληλες δυνάμεις θα εφαρμοστούν στο ρομπότ
- Τροχοί ή Πόδια;

- **Περπάτημα**

- Ακούγεται απλό; Όχι ακριβώς
- Εκατοντάδες συγκεκριμένες κινήσεις
- Κάθε βήμα
 - Σπρώξιμο του σώματος μπροστά με το πόδι
 - Συντονισμό της κίνησης των μηρών, της σπονδυλικής στήλης, των ώμων και του κεφαλιού έτσι ώστε να διατηρηθεί ή ισορροπία.
- Όταν οι άνθρωποι περπατούν, είναι σαν να χάνουν την ισορροπία τους, λες και θα πέσουν μπροστά
- Ακριβώς πριν χάσουν την ισορροπία τους βάζουν το ένα πόδι μπροστά σαν στήριγμα
- Αυτή η σειρά κινήσεων επαναλαμβάνεται και ονομάζεται “δυναμικό περπάτημα.”
- Κατά το τρέξιμο υπάρχουν στιγμές που και τα δυο πόδια βρίσκονται στον αέρα



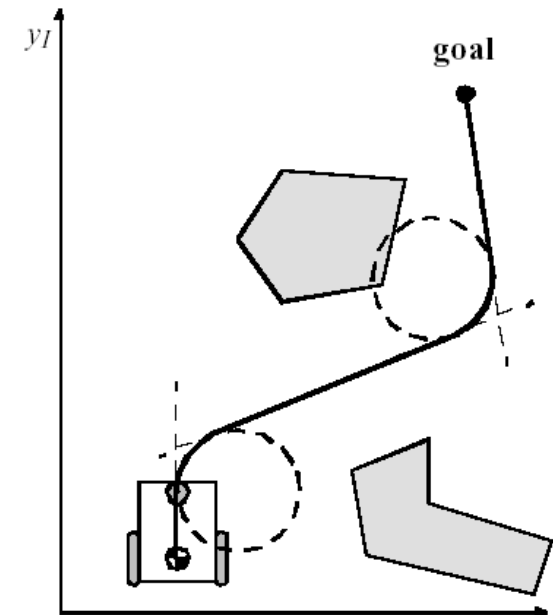


- **Έλεγχος Ανοικτού Βρόγχου (Open Loop)**

- Η διαδρομή διαιρείται σε μικρά κομμάτια καθορισμένου σχήματος
 - Ευθείες και τόξα
- Έλεγχος
 - Υπολογισμός εκ των προτέρων μιας ομαλής διαδρομής
- Μειονεκτήματα
 - Δύσκολο εγχείρημα ο υπολογισμός εκ των προτέρων
 - Συνήθως καταλήγουμε με ανώμαλες διαδρομές
 - Δεν προσαρμόζεται και δεν διορθώνει τη διαδρομή αν υπάρχουν αλλαγές στο περιβάλλον

- **Έλεγχος Κλειστού Βρόγχου (Closed Loop)**

- Χρήση ανάδρασης για διόρθωση των σφαλμάτων στην κίνηση
 - Μεγαλύτερη ακρίβεια
 - Προσαρμόζεται σε άγνωστες καταστάσεις
- Μειονεκτήματα
 - Χρειάζεται γνώση της θέσης (GPS) ή του χώρου (camera, ultrasound, laser, κλπ)



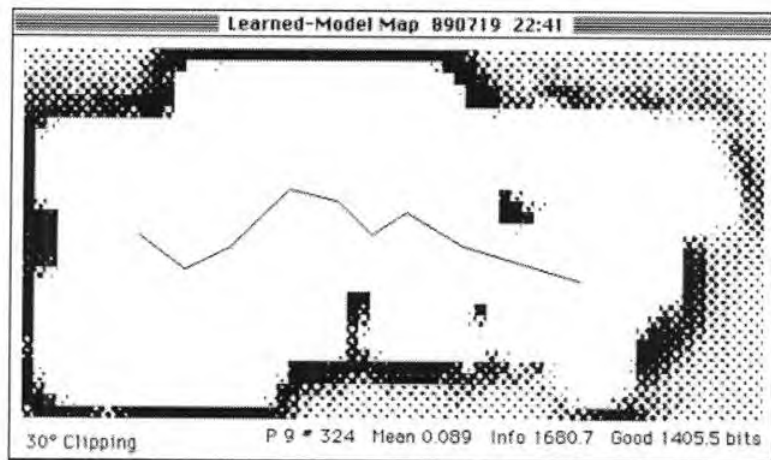
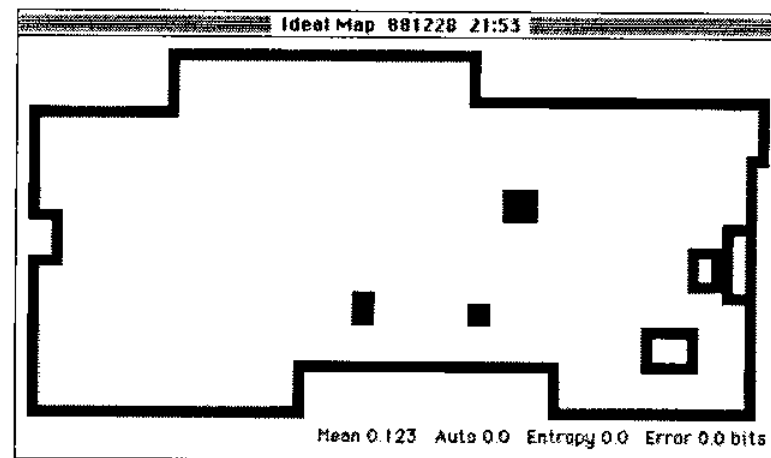


- Προγραμματισμός της Κίνησης (Motion Planning)

- Βρες μια διαδρομή που να ενώνει τη αρχική με την επιθυμητή τελική θέση χωρίς προσκρούσεις και εμπόδια

- Μεθοδολογίες προγραμματισμού της κίνησης

- Οδικός Χάρτης (Roadmap)
- Κυψελοειδής Αποδόμηση (Cell Decomposition)
- Πεδίο Δυναμικού (Potential Field)



Ο Εγκέφαλος του Ρομπότ

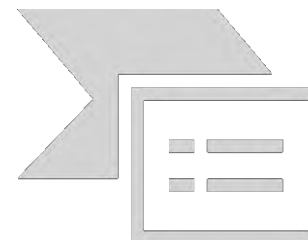


- Διαθέτει την απαραίτητη “νοημοσύνη” για να ελέγχει το ρομπότ
- Μέρη
 - Υπολογιστικό Σύστημα
 - Επεξεργάζεται τις πληροφορίες από τους αισθητήρες
 - Καθορίζει τις ενέργειες των ενεργοποιητών ώστε να επιτευχθούν συγκεκριμένοι στόχοι
 - Μνήμη και Αποθήκευση
 - Π.χ. μνήμη για αποθήκευση του προγράμματος του ρομπότ και των διαφόρων παραμέτρων που καθορίζουν την κατάσταση του
 - Διασυνδετική διάταξη
 - Υλικό το οποίο διασύνδεει το υπολογιστικό σύστημα με τον έξω κόσμο (αισθητήρες και ενεργοποιητές)

RoboBoard Robotics Controller

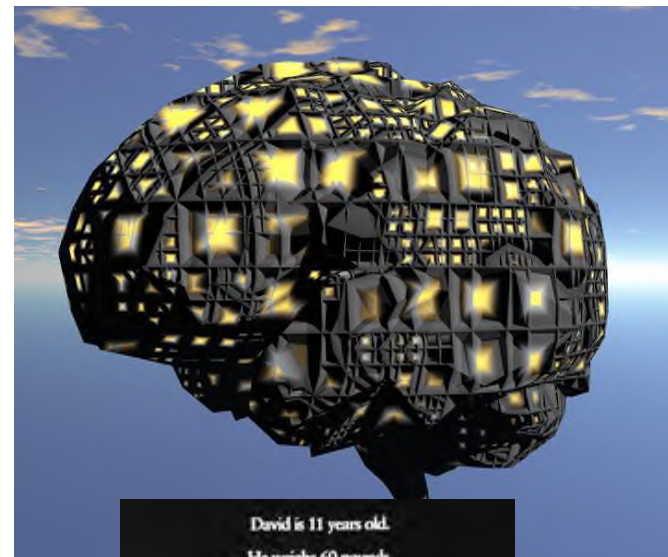


Analog to Digital Converter





- Τι είναι τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI);
- Συστήματα που έχουν τα εξής μπορούν να
 - Επιλύουν Προβλήματα
 - Αναπαριστούν και Αποθηκεύουν Γνώση
 - Μαθαίνουν
 - Σχεδιάζουν ενέργειες και να επιλύουν προβλήματα
 - Εξάγουν συμπεράσματα (Νοήμονες Πράκτορες και Έμπειρα Συστήματα)
 - Καταλαβαίνουν την γλώσσα των ανθρώπων
 - Έχουν προηγμένη διασύνδεση με το περιβάλλον
 - Βλέπουν





- **Μάθηση και Εξέλιξη**

- Μάθηση (Learning)
 - Δεξιότητες αντί Στόχοι
- Μέθοδοι μάθησης
 - Με καθοδήγηση (by instruction)
 - Με μίμηση (by imitation)
 - Με μεταφορά δεξιοτήτων (by skill transfer)
- Εξέλιξη και Προσαρμοστικότητα (Evolution and adaptation)
 - Το κύριο στοιχείο της “νοημοσύνης”

